

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
15. Juli 2004 (15.07.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/058911 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: C09K 11/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/013927

(22) Internationales Anmeldedatum:  
9. Dezember 2003 (09.12.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102 61 545.4 23. Dezember 2002 (23.12.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): COVION ORGANIC SEMICONDUCTORS GMBH [DE/DE]; 65926 Frankfurt (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): VESTWEBER, Horst [DE/DE]; Denkmalstrasse 6, 34330 Gilserberg (DE).

GERHARD, Anja [DE/DE]; Kreutzacker 2a, 35041 Marburg (DE). STÖSSEL, Philipp [DE/DE]; Hortensien-Ring 17, 65929 Frankfurt am Main (DE). SPREITZER, Hubert [DE/DE]; Bruno-Taut-Strasse 20, 68519 Viernheim (DE).

(74) Anwälte: DÖRR, Klaus usw.; Industriepark Höchst, Geb. F 821, 65926 Frankfurt (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): CN, JP, KR, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: ORGANIC ELECTROLUMINESCENT ELEMENT

(54) Bezeichnung: ORGANISCHES ELEKTROLUMINESZENZELEMENT

(57) Abstract: The invention relates to the improvement of organic electroluminescent devices. Said devices are characterised in that the emitting layer (EML) consists of a mixture of two substances, one having hole-conductive characteristics and the other having light-emitting characteristics and that at least one of said substances contains a spiro-9,9'-difluoro unit.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft die Verbesserung Organischer Elektrolumineszenz-Vorrichtungen, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die emittierende Schicht (EML) aus einer Mischung zweier Substanzen besteht, wobei die eine lochleitende Eigenschaften und die andere lichtemittierende Eigenschaften aufweist und mindestens eine dieser Verbindungen eine Spiro-9,9'-bifluoreneinheit enthält.

WO 2004/058911 A2

## Beschreibung

## 5 Organisches Elektrolumineszenzelement

Die vorliegende Erfindung beschreibt ein neuartiges Designprinzip für Organische Elektrolumineszenzelemente und dessen Verwendung in darauf basierenden Displays.

10 In einer Reihe von verschiedenartigen Anwendungen, die im weitesten Sinne der Elektronikindustrie zugerechnet werden können, ist der Einsatz organischer Halbleiter als Wirkkomponenten (= Funktionsmaterialien) seit geraumer Zeit Realität bzw. wird in naher Zukunft erwartet.

15 So finden schon seit etlichen Jahren lichtensitive organische Materialien (z. B. Phthalocyanine) sowie Ladungstransportmaterialien auf organischer Basis (i. d. R. Lochtransporter auf Triarylaminbasis) Verwendung in Kopiergeräten.

Die Verwendung spezieller halbleitender organischer Verbindungen, die zum Teil auch zur Emission von Licht im sichtbaren Spektralbereich befähigt sind, steht gerade am Anfang der Markteinführung, zum Beispiel in Organischen Elektrolumineszenz-Vorrichtungen. Deren Einzelbauteile, die Organischen Lichtemittierenden Dioden (OLEDs), besitzen ein sehr breites Anwendungsspektrum als:

1. weiße oder farbige Hinterleuchtungen für monochrome oder mehrfarbige Anzeigeelemente (wie z. B. im Taschenrechner, Mobiltelefone und andere tragbare Anwendungen),
- 25 2. großflächige Anzeigen (wie z. B. Verkehrsschilder, Plakate und andere Anwendungen),
3. Beleuchtungselemente in allen Farben und Formen,
4. monochrome oder vollfarbige Passiv-Matrix-Displays für tragbare Anwendungen (wie z. B. Mobiltelefone, PDAs, Camcorder und andere Anwendungen),
5. vollfarbige, großflächige, hochauflösende Aktiv-Matrix-Displays für verschiedenste Anwendungen (wie z. B. Mobiltelefone, PDAs, Laptops, Fernseher und andere Anwendungen).

30 Bei diesen Anwendungen ist die Entwicklung teilweise bereits sehr weit fortgeschritten, dennoch besteht immer noch großer Bedarf an technischen Verbesserungen.

35 Für einfachere OLEDs enthaltende Vorrichtungen ist die Markteinführung bereits erfolgt, wie die im Markt erhältlichen Autoradios mit "Organischem Display" der Firma Pioneer belegen. Allerdings gibt es immer noch erhebliche Probleme, die einer dringenden Verbesserung bedürfen:

1. So ist v. a. die OPERATIVE LEBENSDAUER von OLEDs, v. a. für eine BLAUE EMISSION, immer noch sehr gering, so daß bis dato nur einfache Anwendungen kommerziell realisiert werden können. Von Sanyo wurden Lebensdauern für

anwendungsrelevante Helligkeiten blauer OLEDs im Bereich von ca. 3000 h berichtet. Ähnliche Werte gibt es auch zu Materialien der Fa. Kodak.

2. Diese relative kurze Lebensdauer ergibt noch ein Folgeproblem: Gerade für VOLLFARB-Anwendungen ("full-color-displays"), d. h. Displays, welche keine Segmentierungen aufweisen, sondern über die ganze Fläche alle Farben darstellen können, ist es besonders schlecht, wenn hier die Farben unterschiedlich schnell altern, wie dies derzeit der Fall ist. Typische Lebensdauern für grüne bzw. rote OLEDs betragen etwa 30000 bzw. 20000 h. Dies führt dazu, daß schon vor Ende der o. g. Lebensdauer (die in der Regel durch einen Abfall auf 50% der Anfangshelligkeit definiert ist) es zu einer deutlichen Verschiebung des Weiß-Punkts kommt, d. h. die Farbechtheit der Darstellung im Display sehr schlecht wird. Um dies zu umgehen, definieren einige Displayhersteller die Lebensdauer als 70% oder 90%-Lebensdauer (d. h. Abfall der Anfangshelligkeit auf 70% bzw. auf 90% des Anfangswertes). Dies führt aber dazu, daß die Lebensdauer noch kürzer wird, d. h. für BLAUE OLEDs in den Bereich von einigen 100 h rückt.
3. Um die Abnahme der Helligkeit, insbesondere im Blauen, auszugleichen, kann der benötigte Betriebsstrom angehoben werden. Eine derartige Ansteuerung ist jedoch wesentlich aufwendiger und teurer.
4. Die Effizienzen von OLEDs, gerade im BLAUEN, sind zwar schon recht gut, aber auch hier sind natürlich – gerade für tragbare Anwendungen ("portable applications") – immer noch Verbesserungen erwünscht.
5. Die Farbkoordinaten von OLEDs, speziell im BLAUEN, sind zwar schon recht gut, aber auch hier sind natürlich immer noch Verbesserungen erwünscht. Besonders die Kombination von guten Farbkoordinaten mit hoher Effizienz muß noch verbessert werden.
6. Die Alterungsprozesse gehen i. d. R. mit einem Anstieg der Spannung einher. Dieser Effekt macht spannungsgetriebene Organische-Elektrolumineszenz-Vorrichtungen, z. B. Displays oder Anzeige-Elemente, schwierig bzw. unmöglich. Eine stromgetriebene Ansteuerung ist aber auch in diesem Fall aufwendiger und teurer.
7. Die benötigte Betriebsspannung ist in den letzten Jahren verringert worden, muß aber noch weiter verringert werden, um die Leistungseffizienz zu verbessern. Das ist gerade für tragbare Anwendungen von großer Bedeutung.
8. Der benötigte Betriebsstrom ist ebenfalls in den letzten Jahren verringert worden, muß aber noch weiter verringert werden, um die Leistungseffizienz zu verbessern. Das ist gerade für tragbare Anwendungen besonders wichtig.

Die oben unter 1. bis 8. genannten Gründe, machen Verbesserungen bei der Herstellung von OLEDs sehr wünschenswert.

Der allgemeine Aufbau von Organischen Elektrolumineszenz-Vorrichtungen ist beispielsweise in US 4,539,507 und US 5,151,629 beschrieben.

Üblicherweise besteht eine organische Elektrolumineszenz-Vorrichtung aus mehreren Schichten, die vorzugsweise mittels Vakuummethoden aufeinander aufgebracht werden. Diese Schichten sind im einzelnen:

1. Eine Trägerplatte = Substrat (üblicherweise Glas oder Kunststoffolien).
2. Eine transparente Anode (üblicherweise Indium-Zinn-Oxid, ITO).
3. Eine Lochinjektions-Schicht (Hole Injection Layer = HIL): z. B. auf der Basis von Kupfer-phthalocyanin (CuPc) oder leitfähigen Polymeren, wie Polyanilin (PANI) oder Polythiophen-Derivaten (wie PEDOT).
4. Eine oder mehrere Lochtransport-Schichten (Hole Transport Layer = HTL):  
üblicherweise auf der Basis von Triarylamin-Derivaten z. B. 4,4',4''-Tris(N-1-naphthyl)-N-phenyl-amino-triphenylamin (NaphDATA) als erste Schicht und N,N'-Di(naphth-1-yl)-N,N'-diphenyl-benzidin (NPB) als zweite Lochtransportschicht.
5. Eine Emissions-Schicht (Emission Layer = EML): diese Schicht kann teilweise mit den Schichten 4 oder 6 zusammenfallen, besteht aber üblicherweise aus mit Fluoreszenzfarbstoffen, z. B. N,N'-Diphenyl-chinacridon (QA) oder Phosphoreszenzfarbstoffen, z. B. Tris-(phenylpyridyl)-iridium (IrPPy) dotierten Wirtsmolekülen z.B Aluminium-tris-8-hydroxy-chinolinat ( $\text{AlQ}_3$ ).
6. Eine Elektronentransport-Schicht (Electron Transport Layer = ETL): größtenteils auf Basis von Aluminium-tris-8-hydroxy-chinolinat ( $\text{AlQ}_3$ ).
7. Eine Elektroneninjektions-Schicht (Electron Injection Layer = EIL): diese Schicht kann teilweise mit Schicht 6 zusammenfallen, bzw. es wird ein kleiner Teil der Kathode speziell behandelt bzw. speziell abgeschieden.
8. Eine weitere Elektroneninjektions-Schicht (Electron Injection Layer = EIL): eine dünne Schicht bestehend aus einem Material mit einer hohen Dielektrizitätskonstanten, wie z. B.  $\text{LiF}$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{BaF}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{NaF}$ .
9. Eine Kathode: hier werden in der Regel Metalle, Metallkombinationen oder Metallegierungen mit niedriger Austrittsfunktion verwendet, so z. B. Ca, Ba, Mg, Al, In, Mg/Ag.

Diese ganze Vorrichtung wird entsprechend (je nach Anwendung) strukturiert, kontaktiert und schließlich auch hermetisch versiegelt, da sich i. d. R. die Lebensdauer derartiger Vorrichtungen bei Anwesenheit von Wasser und/oder Luft drastisch verkürzt. Das gleiche gilt auch für invertierte Strukturen, bei denen das Licht aus der Kathode ausgekoppelt wird. Bei invertierten OLEDs besteht die Anode z.B. aus Al/Ni/NiOx oder Al/Pt/PtOx oder andere Metall/Metalloxid-Verbindungen, die ein HOMO größer 5 eV besitzen. Die Kathode besteht dabei aus den gleichen Materialien, die in Punkt 8 und 9 beschrieben sind, mit dem Unterschied, daß das Metall, wie z. B. Ca, Ba, Mg, Al, In usw., sehr dünn und damit transparent ist. Die Schichtdicke liegt unter 50 nm, besser unter 30 nm, noch besser unter 10 nm. Auf diese transparente Kathode wird noch ein weiteres transparentes Material aufgebracht, z. B. ITO (Indium-Zinn-Oxid), IZO (Indium-Zink-Oxid) usw..

Organische Elektrolumineszenz-Vorrichtungen, bei denen die Emissionsschicht (EML) aus mehr als einer Substanz besteht, sind schon seit längerem bekannt:

- EP-A-281381 beschreibt OLEDs, bei denen die EML aus einem HOST(Wirts)-Material, welches Löcher und Elektronen transportieren kann, und einem Dotierstoff, welcher Licht aussenden kann, besteht. Kennzeichen dieser Anmeldung ist zum einen, daß der Dotierstoff in relativ geringen Mengen (i. d. R. im Bereich von ca. 1%) verwendet wird, zum anderen, daß das HOST-Material sowohl Löcher, als auch Elektronen (gut) transportieren kann.
- EP-A-610514 beschreibt OLEDs, welche geringe Mengen (< 19%, bevorzugt < 9%) an Lochtransportierenden Verbindungen in der EML aufweisen. Allerdings werden hier nur sehr spezielle Substanzklassen für diese Verbindungen zugelassen. Die Lagerstabilität derartiger Vorrichtungen ist relativ gering.
- EP-A-1162674 beschreibt OLEDs, bei denen die EML aus einem Emitter, dotiert mit gleichzeitig einer löchertransportierenden und einer elektronentransportierenden Substanz, besteht. Problematisch ist hier in technischer Hinsicht, daß hier drei Verbindungen in eine Schicht in einem sehr präzise abgestimmten Mischungsverhältnis aufgebracht werden müssen. Dies ist gerade beim vorherrschenden Prozeß (Vakuumaufdampfung) technisch mit ausreichender Reproduzierbarkeit sehr schwierig zu realisieren.
- EP-A-1167488 beschreibt OLEDs, welche als EML eine spezielle Kombination von Anthracenderivaten und Aminodistyrylarylverbindungen aufweisen. Problematisch ist hier in technischer Hinsicht, daß die Verbindungen ein sehr hohes Molekulargewicht haben, was beim vorherrschenden Prozeß und bei den dafür benötigten Sublimationstemperaturen zur teilweisen Zersetzung der Moleküle und damit zur Verschlechterung von Anwendungsparametern führt.

Es wurde nun überraschend gefunden, daß OLEDs, die dem erfindungsgemäßen – im folgenden aufgeführten - Designprinzip entsprechen, deutliche Verbesserungen gegenüber dem Stand der Technik aufweisen.

Gegenstand der Erfindung ist deshalb eine Organische Elektrolumineszenz-Vorrichtung, die mindestens eine emittierende Schicht (EML) aufweist, wobei diese eine Mischung aus mindestens einem Lochleitermaterial und mindestens einem zur Emission befähigten Emissionsmaterial enthält, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eines der beiden Materialien ein oder mehrere Spiro-9,9'-bifluoreneinheiten enthält und das Gewichtsverhältnis von Lochleitermaterial zu Emissionsmaterial 1 : 99 bis 99 : 1, bevorzugt 5 : 95 bis 80 : 20, besonders bevorzugt 5 : 95 bis 25 : 75 beträgt.

Zur Emission befähigt im Sinne der Erfindung bedeutet, das die Substanz als reiner Film in einer OLED eine Emission im Bereich von 380 bis 750 nm zeigt.

Eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Organische Elektrolumineszenz-Vorrichtung, die mindestens eine emittierende Schicht (EML) aufweist, wobei diese eine Mischung aus mindestens einem Lochleitermaterial und mindestens einem

zur Emission befähigten Emissionsmaterial enthält, wobei das HOMO des Lochleitmateri- als im Bereich von 4.8 bis 5.8 eV (vs. Vakuum) liegt und die Verbindung mindestens eine substituierte oder unsubstituierte Diarylamino-gruppe, bevorzugt mindestens eine Triarylaminoeinheit oder eine Carbazolgruppierung aufweist und das zur Emission befähigte Emissionsmaterial ein oder mehrere Spiro-9,9'-bifluoreneinheiten enthält und das Gewichtsverhältnis von Lochleitmateri- als zu Emissionsmaterial 1 : 99 bis 99 : 1, bevorzugt 5 : 95 bis 80 : 20, besonders bevorzugt 5 : 95 bis 25 : 75 beträgt.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Organische Elektrolumineszenz-Vorrichtung, die mindestens eine emittierende Schicht (EML) aufweist, wobei diese eine Mischung aus mindestens einem Lochleitmateri- als und mindestens einem zur Emission befähigten Emissionsmaterial enthält, wobei das HOMO des Lochleitmateri- als im Bereich von 4.8 bis 5.8 eV (vs. Vakuum) liegt und die Verbindung ein oder mehrere Spiro-9,9'-bifluoreneinheiten und mindestens eine Gruppierung ausgewählt aus substituierten oder unsubstituierten Diarylamino-, Carbazol- oder Thiopheneinheiten enthält und das zur Emission befähigte Emissionsmaterial ausgewählt ist aus der Gruppe der Metallkomplexe, Stilbenamine, Stilbenarylene, kondensierten aromatischen oder heteroaromatischen Systeme, aber auch der phosphoreszierenden Schwermetallkomplexe, Rhodamine, Cumarine, der substituierten oder unsubstituierten Aluminium-, Zink-, Galliumhydroxy-chinolate, Bis(p-diarylamino-styryl)-arylene, DPVBi (4,4'-Bis(2,2-diphenylvinyl)biphenyl) und analoge Verbindungen, Anthracene, Naphthacene, Pentacene, Pyrene, Perylene, Rubren, Chinacridone, Benzothiadiazol-Verbindungen, DCM (4-(Dicyanomethylen)-2-methyl-6-(4-dimethylaminostyryl)-4H-pyran), DCJTB ([2-(1,1-Dimethylethyl)-6-[2-(2,3,6,7-tetrahydro-1,1,7,7-tetramethyl-1H,5H-benzo[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden]-propandinitril), Iridium-, Europium-, oder Platinkomplexe, und das Gewichtsverhältnis von Lochleitmateri- als zu Emissionsmaterial 1 : 99 bis 99 : 1, bevorzugt 5 : 95 bis 80 : 20, besonders bevorzugt 5 : 95 bis 25 : 75 beträgt.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Organische Elektrolumineszenz-Vorrichtung, die mindestens eine emittierende Schicht (EML) aufweist, wobei diese eine Mischung aus mindestens einem Lochleitmateri- als und mindestens einem zur Emission befähigten Emissionsmaterial enthält, wobei das HOMO des Lochleitmateri- als im Bereich von 4.8 bis 5.8 eV (vs. Vakuum) liegt und die Verbindung ein oder mehrere Spiro-9,9'-bifluoreneinheiten und mindestens eine Gruppierung ausgewählt aus substituierten oder unsubstituierten Diarylamino-, Carbazol- oder Thiopheneinheiten enthält und das zur Emission befähigte Emissionsmaterial mindestens eine Spiro-9,9'-bifluoreneinheit enthält und das Gewichtsverhältnis von Lochleitmateri- als zu Emissionsmaterial 1 : 99 bis 99 : 1, bevorzugt 5 : 95 bis 80 : 20, besonders bevorzugt 5 : 95 bis 25 : 75 beträgt.

Die oben beschriebenen Vorrichtungen weisen nun folgende überraschende Vorteile gegenüber dem Stand der Technik auf:

1. Die OPERATIVE LEBENSDAUER vergrößert sich um ein mehrfaches.
2. Die Effizienz entsprechender Vorrichtungen wird im Vergleich zu Systemen, die nicht dem erfindungsgemäßen Design folgen, höher.
3. Die Farbkoordinaten sind besser, d. h. es werden – gerade im blauen Bereich – gesättigtere Farben erreicht.

Details zu den hier gemachten Angaben finden sich in den unten beschriebenen Beispielen.

Bevorzugte Ausführungen der erfindungsgemäßen OLED sind solche, bei denen gilt, die Glastemperatur  $T_g$  der jeweiligen Lochleiterverbindung ist größer als 90 °C, bevorzugt größer 100 °C, besonders bevorzugt größer 120 °C.

Eine ebenfalls bevorzugte Ausführung ist dann gegeben, wenn die Glastemperatur  $T_g$  der jeweiligen Emissionsverbindung größer als 100 °C, bevorzugt größer 120 °C, besonders bevorzugt größer 130 °C ist.

Besonders bevorzugt ist es, wenn sowohl die beschriebene hohe Glastemperatur des Lochleiters, als auch diejenige des Emissionsmaterials gleichzeitig vorliegen.

Die hier beschriebenen bevorzugten Ausführungen der Vorrichtungen weisen durch die hohen Glastemperaturen eine weiter erhöhte operative, wie auch Lager-Lebensdauer auf.

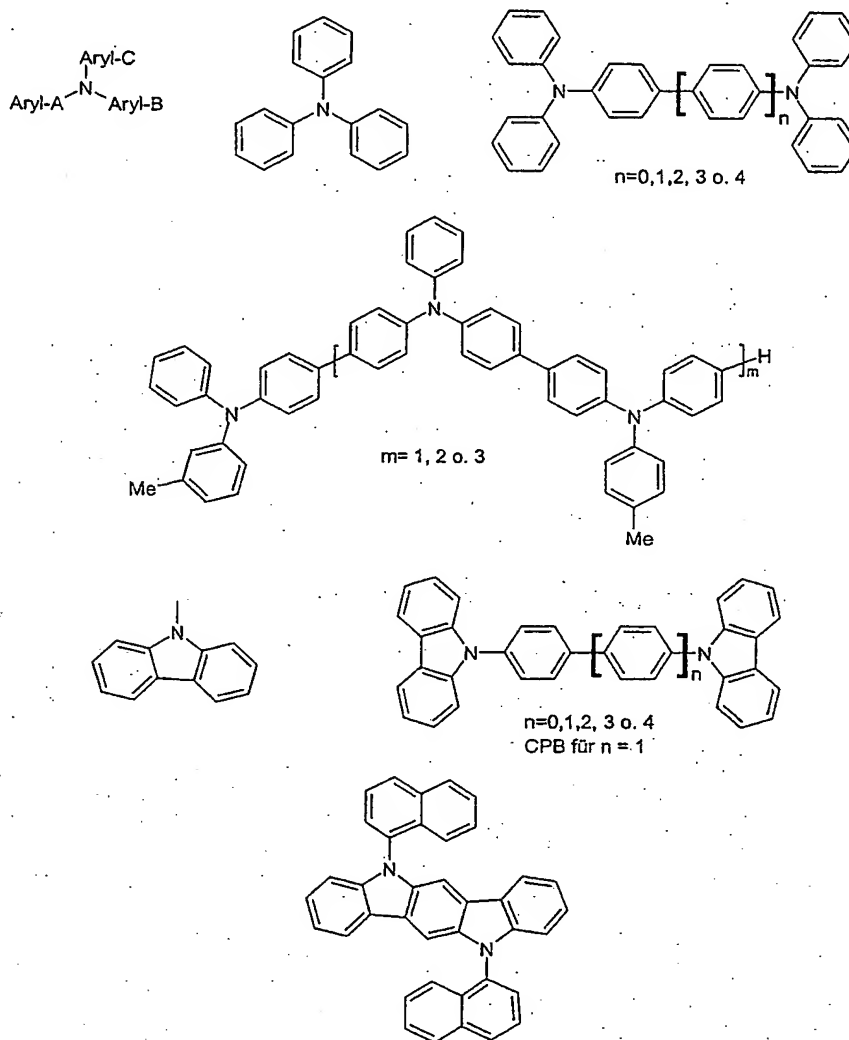
Bei den erfindungsgemäßen OLEDs wird die Schichtdicke der EML i. d. R. im Bereich von 5 bis 150 nm, bevorzugt im Bereich von 10 bis 100 nm, besonders bevorzugt im Bereich von 15 bis 60 nm, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 20 bis 40 nm gewählt.

1. Die Farbkoordinaten sind besser, wobei man für jede gewünschte Farbe, entsprechend den Resonanzbedingungen  $d=\lambda/2n$ , die optimale Schichtdicke erhält. Für Blau emittierende OLEDs erhält man besonders gute Farbkoordinaten, wenn dünne Emissionsschichten von 20-40 nm gewählt werden. Für grüne und rote OLEDs muß die Schichtdicke entsprechend angepaßt, d. h. erhöht werden.
2. Die Effizienz entsprechender Vorrichtungen ist besser. Die optimale Schichtdicke sorgt für eine ausgeglichene Ladungsbalance in der Emissionsschicht (Emissionsfilm) und verbessert somit die Effizienz. Speziell die Leistungseffizienz ist bei dünnen Emissionsschichten von 20-40 nm am größten.
3. Die OPERATIVE LEBENSDAUER verbessert sich um ein mehrfaches bei optimaler Wahl der Schichtdicke, weil hier bei optimalen Farbkoordinaten und Effizienz ein geringerer Strom nötig ist.

Bevorzugte Lochleiterverbindungen sind substituierte oder unsubstituierte Triarylamininderivate, wie beispielsweise Triphenylamininderivate, aber auch entsprechende dimere oder oligomere Verbindungen, d. h. Verbindungen, welche zwei oder mehrere Triarylaminuntereinheiten enthalten; als Untergruppe auch entsprechende Carbazolderivate, Biscarbazolderivate, oder auch Oligocarbazolderivate, ebenfalls *cis*- oder *trans*-Indolocarbazolderivate, desweiteren auch Thiophen-, Bisthiophen- und Oligothiophenderivate, ebenso Pyrrol-, Bispyrrol- und Oligopyrrolenderivate; in ausgewählten

Fällen ist es auch möglich, daß die Triarylaminogruppierung durch eine Hydrazon-Einheit ersetzt wird.

Besonders bevorzugte Lochleiterverbindungen sind substituierte bzw. unsubstituierte Verbindungen gemäß den im folgenden abgebildeten Formeln:



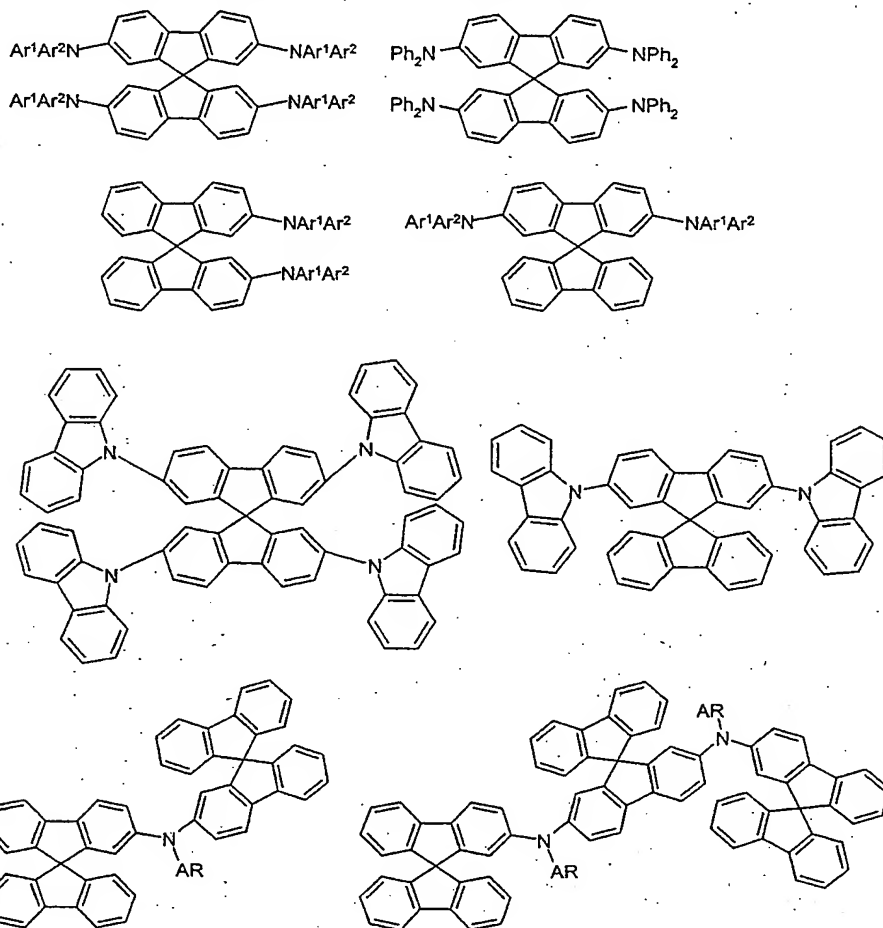
Aryl-A bis Aryl-C stehen hier für aromatische oder heteroaromatische Cyclen mit 4 bis 40 C-Atomen.

- 10 Bevorzugte Lochleiterverbindungen sind Spiro-9,9'-bifluorenderivate, welche 1 bis 6 Substituenten ausgewählt aus substituierten oder unsubstituierten Diarylamino-, Carbazol-, Thiophen-, Bithiophen- oder Oligothiophengruppierungen tragen, aber auch Verbindungen, welche als Substituenten bzw. anstelle einfacher Arylgruppen ein oder mehrere substituierte oder unsubstituierte Spiro-9,9'-bifluorenderivate enthalten. Bevorzugt sind
- 15 Lochleitermaterialien, die als Polymere vorliegen und Spiro-9,9'-bifluorenderivate als Wiederholeinheit enthalten, oder Spiro-9,9'-bifluorenderivate deren  $M_w$  maximal 10000 g/mol



beträgt, besonders bevorzugt sind Lochleitermaterialien enthaltend Spiro-9,9'-bifluorenderivate, deren  $M_w$  maximal 10000 g/mol beträgt.

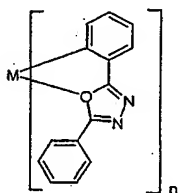
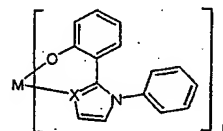
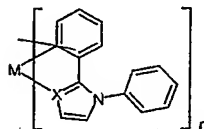
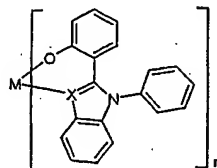
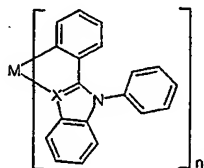
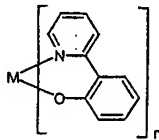
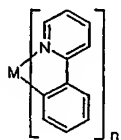
Besonders bevorzugte Lochleiterverbindungen sind substituierte bzw. unsubstituierte Verbindungen gemäß den im folgenden abgebildeten Formeln:



$Ar^1$ ,  $Ar^2$  und AR sollen hier für aromatische oder heteroaromatische Cyclen mit 4 bis 40 C-Atomen stehen.

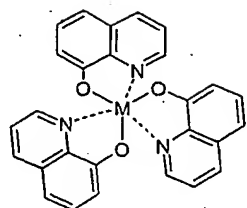
Wie oben bereits aufgeführt, sind bevorzugte Emissionsmaterialien Metall-hydroxy-chinolinkomplexe, Stilbenamine, Stilbenarylene, kondensierte aromatische oder heteroaromatische Systeme, aber auch phosphoreszierende Schwermetallkomplexe, Rhodamine, Cumarine, beispielsweise substituierte oder unsubstituierte Aluminium-, Zink-, Gallium-hydroxy-chinolate, Bis(p-diarylaminostryl)-arylene, DPVBi und analoge Verbindungen, Anthracene, Naphthacene, Pentacene, Pyrene, Perylene, Rubren, Chinacridone, Benzothiadiazol-Verbindungen, DCM, DCJTb, Iridium-, Europium- oder Platinkomplexe.

Besonders bevorzugte Emissionsmaterialien sind substituierte bzw. unsubstituierte Verbindungen gemäß den im folgenden abgebildeten Formeln:

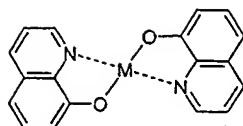


bei denen

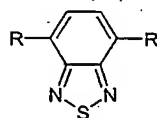
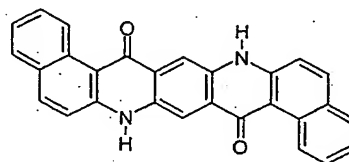
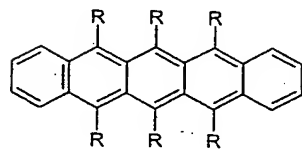
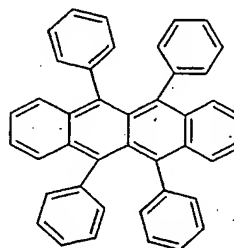
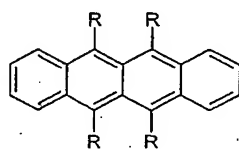
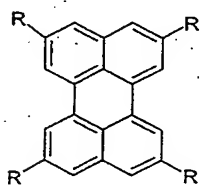
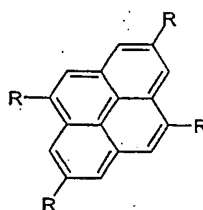
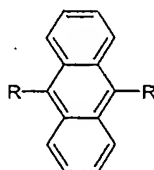
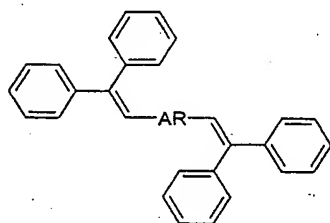
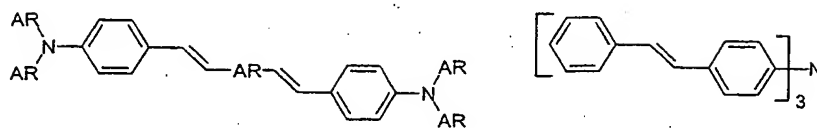
- 5     n     gleich oder verschieden ist und 1, 2 oder 3 bedeutet,  
       X     gleich oder verschieden ist und für die Elemente N, O oder S steht,  
       M     gleich oder verschieden ist und für die Elemente Li, Al, Ga, In, Sc, Y, La, Cr, Mo, W,  
             Fe, Ru, Co, Rh, Ir, Ni, Pd, Pt, Cu, Au, Zn, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho,  
             Er, Tm, Yb oder Lu steht.

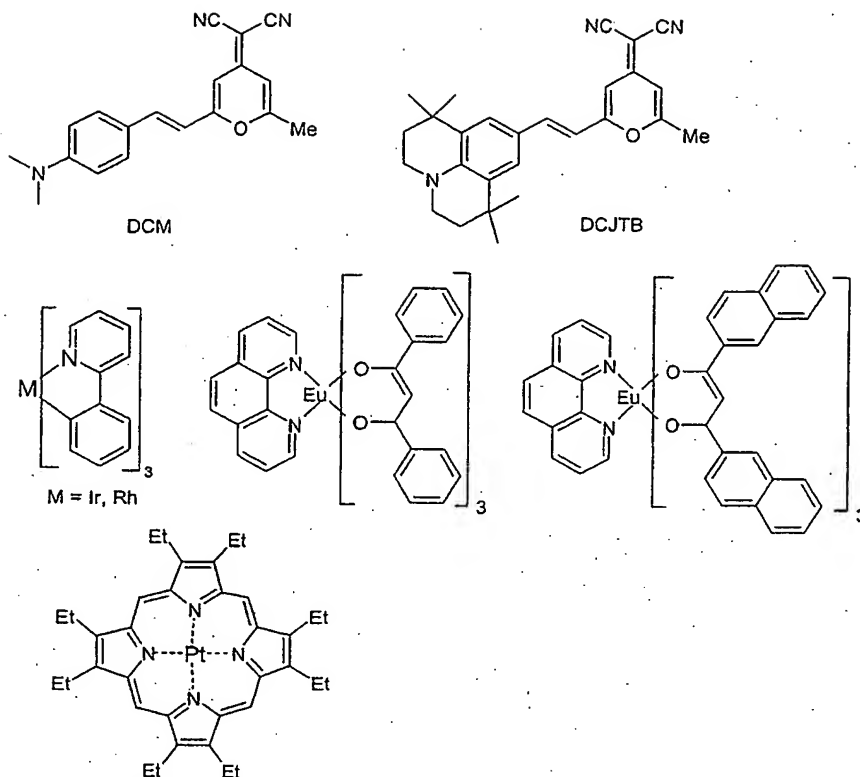


M = Al, Ga



M = Be, Zn





AR steht hier für aromatische oder heteroaromatische Cyclen mit 4 bis 40 C-Atomen; die Substituenten R sollen nur eine bevorzugte Position von derartigen Gruppen angeben und sind hier nicht weiter einschränkend zu betrachten.

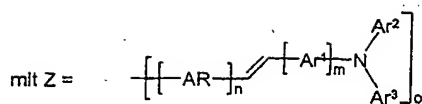
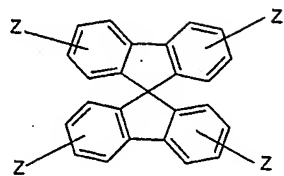
5

Bevorzugte Emissionsverbindungen sind Spiro-9,9'-bifluorenderivate, welche 1 bis 6 Substituenten, ausgewählt aus substituierten oder unsubstituierten Arylenen, Heteroarylenen, Arylvinylenen oder Diarylvinylenen tragen, aber auch Arylene, Heteroarylene oder Arylvinylene, die ein oder mehrere substituierte oder unsubstituierte Spiro-9,9'-bifluorenderivate als Substituenten aufweisen.

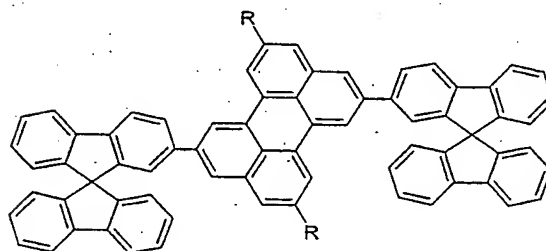
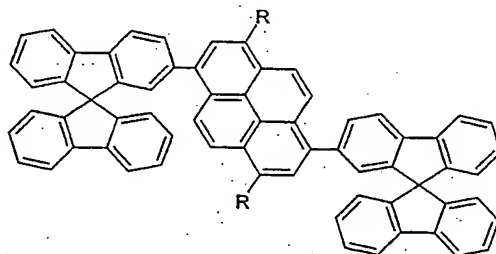
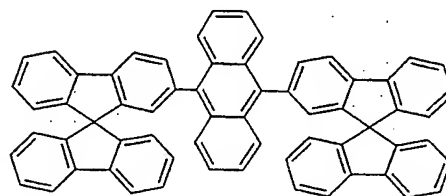
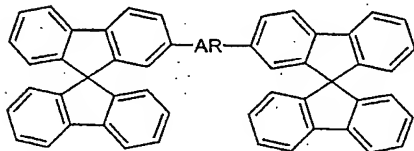
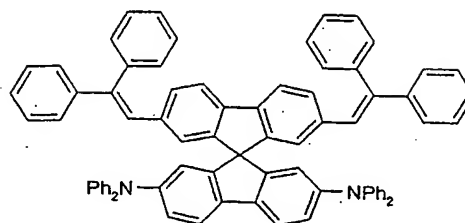
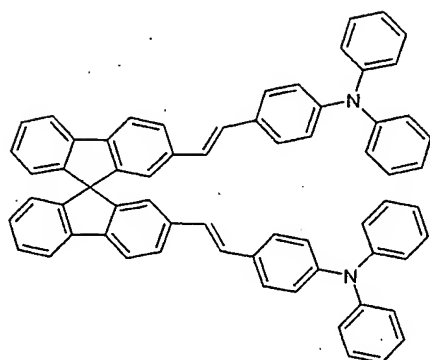
10

Besonders bevorzugte Emissionsverbindungen sind substituierte bzw. unsubstituierte Verbindungen gemäß den im folgenden abgebildeten Formeln:





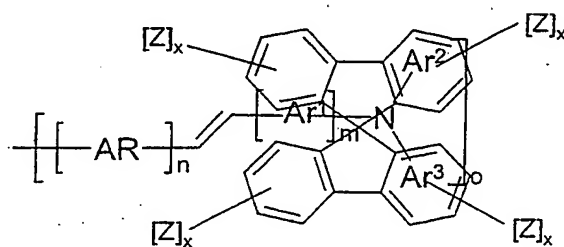
Formel (I)



AR, Ar<sup>1</sup>, Ar<sup>2</sup> und Ar<sup>3</sup> stehen hier für aromatische oder heteroaromatische Cyclen mit 4 bis 40 C-Atomen; n entspricht 0, 1 oder 2; m entspricht 1 oder 2, o entspricht 1, 2, 3, 4, 5 oder 6; die Substituenten R sollen nur eine bevorzugte Position von derartigen Gruppen angeben und sind hier nicht weiter einschränkend zu betrachten. Die Reste Z in Formel (I) können mehrfach an einem aromatischen Ring vorliegen.

Die Verbindungen der Formel (I) sind neu.

Ein weiterer Gegenstand der Erfindung sind daher Verbindungen der Formel (I), bei denen Z für eine oder mehrere Gruppen der Formel



Formel (I)

steht und worin für die verwendeten Symbole und Indizes gilt:

AR, Ar<sup>1</sup>, Ar<sup>2</sup> und Ar<sup>3</sup> sind bei jedem Auftreten gleich oder verschieden aromatischen oder heteroaromatischen Cyclen mit 4 bis 40 C-Atomen, welche an den freien Positionen mit Substituenten R<sup>1</sup> substituiert sein können;

n ist bei jedem Auftreten gleich oder verschieden 0, 1 oder 2;

m ist bei jedem Auftreten gleich oder verschieden 1 oder 2;

o ist bei jedem Auftreten gleich oder verschieden 1, 2, 3, 4, 5 oder 6; wobei AR sowohl an Ar<sup>2</sup> als auch an Ar<sup>3</sup> als auch an beide in Form eines Dendrimers gebunden sein kann;

x ist bei jedem Auftreten gleich oder verschieden 0, 1, 2, 3 oder 4, mit der Maßgabe, daß die Summe aller Indizes x ungleich null ist,

R<sup>1</sup> ist bei jedem Auftreten gleich oder verschieden eine geradkettige, verzweigte oder cyclische Alkyl- oder Alkoxykette mit 1 bis 22 C-Atomen, in der auch ein oder mehrere nicht benachbarte C-Atome durch N-R<sup>2</sup>, O, S,

-CO-O-, O-CO-O ersetzt sein können, wobei auch ein oder mehrere H-Atome durch Fluor ersetzt sein können, eine Aryl- oder Aryloxygruppe mit 5 bis 40 C-Atomen, bei der auch ein oder mehrere C-Atome durch O, S oder N ersetzt sein können, welche auch durch ein oder mehrere nicht-aromatische Reste R<sup>1</sup> substituiert sein können, oder Cl, F, CN, N(R<sup>2</sup>)<sub>2</sub>, B(R<sup>2</sup>)<sub>2</sub>, wobei auch zwei oder mehrere Reste R<sup>1</sup> miteinander ein aliphatisches oder aromatisches, mono- oder polycyclisches Ringsystem bilden können;

R<sup>2</sup> ist bei jedem Auftreten gleich oder verschieden H, eine geradkettige, verzweigte oder cyclische Alkylkette mit 1 bis 22 C-Atomen, in der auch ein oder mehrere nicht benachbarte C-Atome durch O, S, -CO-O-, O-CO-O ersetzt sein können, wobei auch ein oder mehrere H-Atome durch Fluor ersetzt sein können, eine Arylgruppe mit 5 bis 40 C-Atomen, bei der auch ein oder mehrere C-Atome durch O, S oder N ersetzt sein können, welche auch

durch ein oder mehrere nicht-aromatische Reste  $R^1$  substituiert sein können.

Erfindungsgemäße Elektrolumineszenzvorrichtungen können beispielsweise wie folgt dargestellt werden:

- 5 1. ITO beschichtetes Substrat: Als Substrat wird bevorzugt mit ITO beschichtetes Glas mit möglichst niedrigen bzw. keinen ionischen Verunreinigungen, wie z. B. Flachglas von den Firmen Merck-Balzers oder Akaii, verwendet. Es können aber auch andere mit ITO beschichtete transparente Substrate, wie z. B. flexible Kunststoffolien oder Lamine  
10 verwendet werden. Das ITO muß eine möglichst hohe Leitfähigkeit mit einer hoher Transparenz verbinden. ITO-Schichtdicken zwischen 50 und 200 nm haben sich als besonders geeignet herausgestellt. Die ITO Beschichtung muß möglichst flach, bevorzugt mit einer Rauigkeit unter 2 nm, sein. Die Substrate werden zunächst mit 4%igen Dekonex in deionisierten Wasser vorgereinigt. Danach wird das ITO  
15 beschichtete Substrat entweder mindestens 10 Minuten mit Ozon oder einige Minuten mit Sauerstoffplasma behandelt oder kurze Zeit mit einer Excimer-Lampe bestrahlt.
2. Lochinjektions-Schicht (Hole Injection Layer = HIL): Als HIL wird entweder ein Polymer oder eine niedermolekulare Substanz verwendet. Besonders geeignet sind die Polymere Polyanilin (PANI) oder Polythiophen (PEDOT) und deren Derivate. Es handelt sich meist  
20 um 1 bis 5%ige wässrige Dispersionen, welche in dünnen Schichten zwischen 20 und 200 nm, bevorzugt zwischen 40 und 150 nm Schichtdicke auf das ITO-Substrat durch Spincoaten, Inkjet-Drucken oder andere Beschichtungsverfahren aufgebracht werden. Danach werden die mit PEDOT oder PANI beschichteten ITO-Substrate getrocknet. Für die Trocknung bieten sich mehrere Verfahren an. Herkömmlich werden die Filme im  
25 Trockenofen 1 bis 10 Minuten zwischen 110 und 200 °C, bevorzugt zwischen 150 und 180 °C getrocknet. Aber auch neuere Trocknungsverfahren, wie z. B. Bestrahlung mit IR(Infrarot)-Licht, führen zu sehr guten Resultaten, wobei die Bestrahlungsdauer nur einige Sekunden dauert. Als niedermolekulares Material werden bevorzugt dünne Schichten zwischen 5 und 30 nm Kupfer-phthalocyanin (CuPc) verwendet. Herkömmlich  
30 wird CuPc in Vakuum-Sublimationsanlagen bei einem Druck kleiner  $10^{-5}$  mbar, bevorzugt kleiner  $10^{-6}$  mbar, besonders bevorzugt kleiner  $10^{-7}$  mbar aufgedampft. Aber auch neuere Verfahren wie die OPVD (Organic Physical Vapour Deposition) oder LITI (Light Induced Thermal Imaging) sind für die Beschichtung niedermolekularer Materialien geeignet. Alle HIL müssen nicht nur sehr gut Löcher injizieren, sondern auch  
35 sehr gut auf ITO und Glas haften; dies ist sowohl für CuPc als auch für PEDOT und PANI der Fall. Eine besonders niedrige Absorption im sichtbaren Bereich und damit eine hohe Transparenz zeigen PEDOT und PANI, welches eine weitere notwendige Eigenschaft für die HIL ist.
3. Eine oder mehrere Lochtransport-Schichten (Hole Transport Layer = HTL): Bei den  
40 meisten OLEDs sind eine oder mehrere HTLs Voraussetzung für eine gute Effizienz und hohe Stabilität. Dabei erreicht man mit einer Kombination von zwei Schichten beispielsweise bestehend aus Triarylaminen wie MTDATA (4,4',4''-Tris(N-3-



5 methylphenyl)-N-phenyl-amino)-triphenylamin) oder NaphDATA (4,4',4''-Tris(N-1-naphthyl)-N-phenyl-amino)-triphenylamin) als erste HTL und NPB (N,N'-Di(naphth-1-yl)-N,N'-diphenyl-benzidin) oder Spiro-TAD (Tetrakis(2,2',7,7'-diphenylamino)-spiro-9,9'-bifluoren) als zweiter HTL sehr gute Ergebnisse. MTDATA oder NaphDATA bewirken  
10 eine Erhöhung der Effizienz in den meisten OLEDs um ca. 20 – 40%; wegen der höheren Glasktemperatur  $T_g$  wird NaphData ( $T_g = 130\text{ °C}$ ) gegenüber MTDATA ( $T_g = 100\text{ °C}$ ) bevorzugt. Als zweite Schicht wird Spiro-TAD ( $T_g = 130\text{ °C}$ ) wegen der höheren  $T_g$  gegenüber NPB ( $T_g = 95\text{ °C}$ ) bevorzugt. Weiterhin erreicht man für blaue OLEDs mit Spiro-TAD bessere Effizienzen. MTDATA bzw. NaphDATA haben eine Schichtdicke  
15 zwischen 5 und 100 nm, bevorzugt 10 und 60 nm, besonders bevorzugt zwischen 15 und 40 nm. Für dickere Schichten benötigt man etwas höhere Spannungen, um die gleiche Helligkeit zu erreichen; gleichzeitig verringert sich die Anzahl der Defekte. Spiro-TAD bzw. NPB haben eine Schichtdicke zwischen 5 und 150 nm, bevorzugt 10 und 100 nm, besonders bevorzugt zwischen 20 und 60 nm. Mit zunehmender Schichtdicke von NPB und den meisten anderen Triarylaminen benötigt man höhere Spannungen für  
20 gleiche Helligkeiten. Die Schichtdicke von Spiro-TAD hat jedoch nur einen geringfügigen Einfluß auf die Strom-Spannungs-Elektrolumineszenz-Kennlinien, d. h. die benötigte Spannung, um eine bestimmte Helligkeit zu erreichen, hängt nur geringfügig von der Spiro-TAD Schichtdicke ab. Alle Materialien werden in Vakuum-Sublimationsanlagen bei einem Druck kleiner  $10^{-5}$  mbar, bevorzugt kleiner  $10^{-6}$  mbar, besonders bevorzugt kleiner  $10^{-7}$  mbar aufgedampft. Die Aufdampfraten können zwischen 0.01 und 10 nm/s  
25 bevorzugt 0.1 und 1 nm/s betragen. Für die HTL gilt das gleiche wie für die HIL; neuere Verfahren wie die OPVD (Organic Physical Vapour Deposition) oder LITI (Light Induced Thermal Imaging) sind für die Beschichtung niedermolekularer Materialien geeignet.

30 4. Emissions-Schicht (Emission Layer = EML): Diese Schicht kann teilweise mit den Schichten 3 und/oder 5 zusammenfallen. Sie besteht z. B. aus einem Wirtsmaterial und gleichzeitigem Fluoreszenzfarbstoff, wie Spiro-DPVBi (2,2',7,7'-Tetrakis-(2,2-diphenyl-vinyl)-spiro-9,9'-bifluoren) und einem Lochtransportmaterial, wie z. B. Spiro-TAD. Gute Resultate erreicht man bei einer Konzentration von 5 – 10 % Spiro-TAD in Spiro-DPVBi bei einer EML- Schichtdicke von 15 – 70 nm bevorzugt 20 – 50 nm. Alle Materialien  
35 werden in Vakuum-Sublimationsanlagen bei einem Druck kleiner  $10^{-5}$  mbar, bevorzugt kleiner  $10^{-6}$  mbar, besonders bevorzugt kleiner  $10^{-7}$  mbar aufgedampft. Die Aufdampfraten können zwischen 0.01 und 10 nm/s, bevorzugt 0.1 und 1 nm/s betragen. Für die EML gilt das gleiche wie für die HIL und HTL; neuere Verfahren wie die OPVD oder LITI sind für die Beschichtung niedermolekularer Materialien geeignet. Für dotierte Schichten hat die OPVD besonders großes Potential, weil das Einstellen von beliebigen  
40 Mischungsverhältnissen besonders gut gelingt. Ebenfalls lassen sich die Konzentrationen der Dotanden kontinuierlich verändern. Somit sind bei der OPVD die Voraussetzung für die Verbesserung der Elektrolumineszenz-Vorrichtung optimal.

5. Eine Elektronentransport- und Lochblockier-Schicht (Hole Blocking Layer = HBL): Als HBL-Material hat sich besonders BCP (2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin = Bathocuproin) als sehr wirkungsvoll gezeigt. Eine dünne Schicht von 3 – 20 nm,

bevorzugt 5 – 10 nm erhöht die Effizienz sehr effektiv. Alle Materialien werden in Vakuum-Sublimationsanlagen bei einem Druck kleiner  $10^{-5}$  mbar, bevorzugt kleiner  $10^{-6}$  mbar, besonders bevorzugt kleiner  $10^{-7}$  mbar aufgedampft. Die Aufdampfraten können zwischen 0.01 und 10 nm/s, bevorzugt 0.1 und 1 nm/s betragen. Unter anderem ist die OPVD ein weiteres Verfahren, um diese Materialien auf ein Substrat aufzubringen.

6. Elektronentransport-Schicht (Electron Transport Layer = ETL): Als ETL-Materialien sind Metall-hydroxy-chinolate gut geeignet; besonders Aluminium-tris-8-hydroxy-chinolat ( $\text{AlQ}_3$ ) hat sich als einer der stabilsten Elektronenleiter herausgestellt. Alle Materialien werden in Vakuum-Sublimationsanlagen bei einem Druck kleiner  $10^{-5}$  mbar, bevorzugt kleiner  $10^{-6}$  mbar, besonders bevorzugt kleiner  $10^{-7}$  mbar aufgedampft. Die Aufdampfraten können zwischen 0.01 und 10 nm/s, bevorzugt 0.1 und 1 nm/s betragen. Für die EML gilt das gleiche wie für die HIL und HTL; neuere Verfahren wie die OPVD oder LITI sind für die Beschichtung niedermolekularer Materialien geeignet.
7. Elektroneninjektions-Schicht (Electron Injection Layer = EIL): Eine dünne Schicht mit einer Schichtdicke zwischen 0.2 und 8 nm, bevorzugt 0.5 – 5 nm bestehend aus einem Material mit einer hohen Dielektrizitätskonstanten, insbesondere anorganische Fluoride und Oxide, wie z. B.  $\text{LiF}$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{BaF}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{NaF}$  und weitere Materialien, hat sich als EIL als besonders gut herausgestellt. Speziell in Kombination mit Al führt diese zusätzliche Schicht zu einer deutlichen Verbesserung der Elektroneninjektion und damit zu verbesserten Resultaten bezüglich Lebensdauer, Quanten- und Leistungseffizienz. Alle Materialien werden in Vakuum-Sublimationsanlagen bei einem Druck kleiner  $10^{-5}$  mbar, bevorzugt kleiner  $10^{-6}$  mbar, besonders bevorzugt kleiner  $10^{-7}$  mbar aufgedampft. Die Aufdampfraten können zwischen 0.01 und 1 nm/s, bevorzugt 0.1 und 0.5 nm/s betragen.
8. Kathode: Hier werden in der Regel Metalle, Metallkombinationen oder Metallegierungen mit niedriger Austrittsarbeit verwendet, so z. B. Ca, Ba, Cs, K, Na, Mg, Al, In, Mg/Ag. Alle Materialien werden in Vakuum-Sublimationsanlagen bei einem Druck kleiner  $10^{-5}$  mbar, bevorzugt kleiner  $10^{-6}$  mbar, besonders bevorzugt kleiner  $10^{-7}$  mbar aufgedampft. Die Aufdampfraten können zwischen 0.01 und 1 nm/s, bevorzugt 0.1 und 0.5 nm/s betragen.
9. Verkapselung: Eine effektive Einkapselung der organischen Schichten inklusive der EIL und der Kathode ist für Organische Elektrolumineszenz-Vorrichtungen unerlässlich. Wenn das organische Display auf einem Glassubstrat aufgebaut ist, gibt es mehrere Möglichkeiten. Eine Möglichkeit ist das Verkleben des gesamten Aufbaus mit einer zweiten Glas- oder Metallplatte. Dabei haben sich Zwei-Komponenten- oder UV-härtende-Epoxykleber als besonders geeignet erwiesen. Dabei kann die Elektrolumineszenz-Vorrichtung vollständig oder aber auch nur am Rand verklebt werden. Wird das organische Display nur am Rand verklebt, kann man die Haltbarkeit zusätzlich verbessern, indem man einen sogenannten Getter hinzufügt. Dieser Getter besteht aus einem sehr hygroskopischen Material, insbesondere Metalloxide, wie z. B.  $\text{BaO}$ ,  $\text{CaO}$  usw., welches eindringendes Wasser und Wasserdämpfe bindet. Eine zusätzliche Bindung von Sauerstoff erreicht man mit Gettermaterialien, wie z. B. Ca, Ba usw.. Bei flexiblen Substraten ist besonders auf eine hohe Diffusionsbarriere zu achten.

Hier haben sich insbesondere Lamine aus alternierenden dünnen Kunststoff- und anorganischen Schichten (z. B.  $\text{SiO}_x$  oder  $\text{SiN}_x$ ) bewährt.

10. Anwendungsspektrum: Der unter den Punkten 1 – 9 beschriebene Aufbau ist sowohl für monochrome als auch für vollfarbige passiv- bzw. aktiv-betriebene Matrix Displays für tragbare Geräte, wie z. B. Mobiltelefone, PDAs, Camcorder und anderen Anwendungen, geeignet. Bei Passiv-Matrix Displays benötigt man je nach Anzahl der Bildpunkte 1000 bis mehrere 100.000  $\text{cd/m}^2$  Spitzen-Helligkeit; erste Anwendungen liegen zwischen 5000 und 20000  $\text{cd/m}^2$  Spitzen-Helligkeit. Für vollfarbige großflächige hochauflösende Displays wird die Aktiv-Matrix Steuerung bevorzugt. Die benötigte Helligkeit der einzelnen Pixel liegt zwischen 50 und 1000  $\text{cd/m}^2$ , bevorzugt zwischen 100 und 300  $\text{cd/m}^2$ . Auch hierfür eignet sich der unter den Punkten 1 – 9 beschriebene Aufbau. Aktiv-Matrix Steuerung ist für alle Display Anwendungen (wie z. B. Mobiltelefone, PDAs und andere Anwendungen) geeignet, besonders aber auch für großflächige Anwendungen, wie z. B. in Laptops und Fernseher. Weitere Anwendungen sind weiße oder farbige Hinterleuchtungen für monochrome oder mehrfarbige Anzeigeelemente (wie z. B. im Taschenrechner, Mobiltelefone und anderen tragbaren Anwendungen), großflächige Anzeigen (wie z. B. Verkehrsschilder, Plakate und anderen Anwendungen), bzw. Beleuchtungselemente in allen Farben und Formen.

Wie oben beschrieben kann die Herstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtungen, außer durch Sublimationsverfahren oder OPVD-Verfahren auch durch spezielle Druckverfahren (wie das genannte LITI) durchgeführt werden. Dies hat sowohl Vorteile hinsichtlich der Skalierbarkeit der Fertigung, als auch bezüglich der Einstellung von Mischungsverhältnissen in verwendeten Blend-Schichten.

Hierfür ist es aber in aller Regel nötig, entsprechende Schichten (für LITI: Transfer-Schichten) zu präparieren, welche dann erst auf das eigentliche Substrat übertragen werden.

In diesen Schichten ist dann (zusätzlich zu eventuell nötigen Hilfsstoffen, die für den Transfer-Schritt erforderlich sind) die Mischung aus Lochleitermaterial und Emittiermaterial, wie oben beschrieben, im gewünschten Verhältnis enthalten. Auch diese Schichten sind Gegenstand der vorliegenden Erfindung, ebenso wie Verwendung dieser Schichten zur Herstellung erfindungsgemäßer Vorrichtungen.

Die Herstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtungen kann auch durch andere Druckverfahren, wie zum Beispiel Ink-Jet Printing (Tintenstrahl-Druckverfahren) durchgeführt werden.

Im vorliegenden Anmeldetext und auch in den im weiteren folgenden Beispielen wird nur auf Organische Leuchtdioden und die entsprechenden Displays abgezielt. Trotz dieser Beschränkung der Beschreibung ist es für den Fachmann ohne weiteres erfinderisches Zutun möglich, entsprechende erfindungsgemäße Schichten herzustellen und anzuwenden,

z. B. für Organische Solarzellen (O-SCs), Organische Feldeffekttransistoren (O-FETs) oder auch Organische Laserdioden (O-Laser), um nur einige weitere Anwendungen zu nennen.

Die vorliegende Erfindung wird durch die folgenden Beispiele näher erläutert, ohne sie darauf einschränken zu wollen. Der Fachmann kann aus der Beschreibung und den aufgeführten Beispielen ohne erfinderisches Zutun weitere erfindungsgemäße Vorrichtungen herstellen.

#### Beispiele:

Die unten aufgezählten Beispiele hatten folgenden Schichtaufbau:

Glas / ITO (80 nm) / HIL (60 nm) / HTL-1 (20 nm) / HTL-2 (20 nm) / EML (20 – 40 nm) / ETL (10 – 20 nm) / Metall-1 (5 nm) / Metall-2 (150 nm). Die Beispiele 10 und 11 enthielten zusätzlich zwischen EML und ETL eine Blockierschicht für Löcher (HBL). Daraus ergab sich hierfür folgender Schichtaufbau: Glas / ITO (80 nm) / HIL (60 nm) / HTL-1 (20 nm) / HTL-2 (20 nm) / EML (20 – 40 nm) / HBL (5 – 10 nm) / ETL (10 – 20 nm) / Metall-1 (5 – 10 nm) / Metall-2 (150 nm).

- Mit 80 nm ITO beschichtetes Glas wurde von Merck-Balzers bezogen.
- Als HIL wurde eine 60 nm dicke Schicht PANI von der Firma Covion (Pat 010) oder eine 60 nm dicke Schicht PEDOT von der Firma Bayer (Baytron P 4083) verwendet. Die PANI-Schicht wurde aus einer 4%-igen Dispersion durch Spincoating bei 4000 rpm hergestellt. Die entstandene Schicht wurde bei 180 °C fünf Minuten getempert. Die PEDOT-Schicht wurde aus einer 2%-igen Dispersion durch Spincoating bei 3000 rpm hergestellt. Die entstandene Schicht wurde bei 110 °C fünf Minuten getempert.
- Als HTL-1 wurde NaphDATA von der Firma Syntec verwendet. Dieses Material wurde vor der Verwendung in OLEDs durch Sublimation aufgereinigt.
- Als HTL-2 wurde Spiro-TAD von der Firma Covion verwendet.
- Die EML ist in den Beispielen 1-13 genauer beschrieben.
- Als HBL wurde BCP von der Firma ABCR verwendet. Dieses Material wurde vor der Verwendung in OLEDs durch Sublimation aufgereinigt.
- Als ETL wurde AlQ<sub>3</sub> von der Firma Covion verwendet.
- Als Metall-1 wurde Ba von der Firma Aldrich verwendet.
- Als Metall-2 wurde Ag von der Firma Aldrich verwendet.

Die organischen Materialien (HTL-1 / HTL-2 / EML / (HBL) / ETL) wurden in einer von Covion umgebauten Aufdampfapparatur von Pfeiffer-Vakuum bei einem Druck  $< 10^{-6}$  mbar nacheinander aufgedampft. Die Anlage war mit einer automatischen Raten- und Schichtdicken-Kontrolle ausgestattet. Die ungemischten EML-Schichten, die als Referenz hergestellt wurden, wurden genauso wie HTL-1, HTL-2, ETL und HBL in der Pfeiffer Aufdampfapparatur bei einem Druck  $< 10^{-6}$  mbar aufgedampft. Bei den gemischten EML-Schichten (Mischungen aus zwei verschiedenen Materialien) wurden zwei Materialien gleichzeitig aufgedampft. Die in den Beispielen beschriebenen Konzentrationen wurden erreicht, indem die Raten entsprechend den Mischungsverhältnissen eingestellt wurden. Die

Metalle (Metall-1 / Metall-2) wurden in einer von Covion umgebauten Aufdampfapparatur von Balzers bei einem Druck  $<10^{-6}$  mbar aufgedampft. Die Anlage war ebenfalls mit einer automatischen Raten- und Schichtdicken-Kontrolle ausgestattet.

5 Die in den Beispielen aufgeführten Substanzen der Mischungen sind im Anschluß an die Beispiele nochmals dargestellt.

Beispiel 1:

10 Der Schichtaufbau entsprach dem oben beschriebenen: Glas / ITO / PEDOT / NaphDATA / Spiro-TAD / EML = Spiro-DPVBi (+ Spiro-TAD) /  $AlQ_3$  / Ba / Ag. Die beiden Materialien der EML (die Substanzen Spiro-DPVBi + Spiro-TAD) wurden von Covion entwickelt und synthetisiert. Die EML bestand aus einer Mischung der beiden Substanzen (Spiro-DPVBi + Spiro-TAD), wobei Spiro-TAD einen Anteil von 10% hatte. Des weiteren wurden OLEDs als Referenz ohne die Substanz Spiro-TAD in der EML hergestellt. Im Falle der Mischung in der  
15 EML erhöhte sich die Lebensdauer der OLED um einen Faktor 3 im Vergleich zur Referenz-OLED von ca. 1500 h auf 4500 h. Gleichzeitig wurde die photometrische Effizienz (Einheit cd/A) um ca. 10% verbessert und die Leistungseffizienz wurde ebenfalls erhöht. Stellte man eine Mischung aus Spiro-TAD und Spiro-DPVBi mit einer Konzentration von 15% an Spiro-DPVBi her, so erhöhte sich die Lebensdauer um einen Faktor 4 von ca. 1500 h auf 6000 h.  
20 Des weiteren wurden steilere I-U-EL Kennlinien erhalten, d. h. um eine bestimmte Helligkeit zu erreichen, wurden niedrigere Spannungen benötigt, z. B. für eine Helligkeit von 100 cd/m<sup>2</sup> statt 5,5 V nur noch 4,5 V.

Beispiel 2:

25 Der Schichtaufbau entsprach dem oben beschriebenen: Glas / ITO / PEDOT / NaphDATA / Spiro-TAD / EML = Spiro-DPVBi (+ Spiro-AA2) /  $AlQ_3$  / Ba / Ag. Die beiden Materialien der EML (die Substanzen Spiro-DPVBi und Spiro-AA2) wurden von Covion entwickelt und synthetisiert. Die EML bestand aus einer Mischung der beiden Substanzen (Spiro-DPVBi und Spiro-AA2), wobei Spiro-AA2 einen Anteil von 10% hatte. Des weiteren wurden OLEDs als Referenz ohne die Substanz Spiro-AA2 in der EML hergestellt. Im Falle der Mischung in der EML erhöhte sich die Lebensdauer der OLED um einen Faktor  $> 8$  im Vergleich zur Referenz-OLED von ca. 1500 h auf  $>12000$  h. Des weiteren wurden steilere I-U-EL  
30 Kennlinien erhalten, d. h. um eine bestimmte Helligkeit zu erreichen, wurden niedrigere Spannungen benötigt, z. B. für eine Helligkeit von 100 cd/m<sup>2</sup> statt 5.5 V nur noch 4.5 V.

Beispiel 3:

35 Der Schichtaufbau entsprach dem oben beschriebenen: Glas / ITO / PEDOT / NaphDATA / Spiro-TAD / EML = Spiro-Ant1 (+ Spiro-TAD) /  $AlQ_3$  / Ba / Ag. Die beiden Materialien der EML (die Substanzen Spiro-Ant1 und Spiro-TAD) wurden von Covion entwickelt und synthetisiert. Die EML bestand aus einer Mischung der beiden Substanzen (Spiro-Ant1 und Spiro-TAD), wobei Spiro-TAD einen Anteil von 50% hatte. Des weiteren wurden OLEDs als Referenz ohne die Substanz Spiro-TAD in der EML hergestellt. Im Falle der Mischung in der  
40

EML erhöhte sich die Lebensdauer der OLED um einen Faktor  $>100$  im Vergleich zur Referenz-OLED von ca. 100 h auf  $>10000$  h. Des weiteren wurden steilere I-U-EL Kennlinien erhalten, d. h. um eine bestimmte Helligkeit zu erreichen, wurden niedrigere Spannungen benötigt, z. B. für eine Helligkeit von  $100 \text{ cd/m}^2$  statt 6 V nur noch 4.5 V.

Beispiel 4:

Der Schichtaufbau entsprach dem oben beschriebenen: Glas / ITO / PEDOT / NaphDATA / Spiro-TAD / EML = Spiro-Ant2 (+ Spiro-TAD) /  $\text{AlQ}_3$  / Ba / Ag. Die beiden Materialien der EML (die Substanzen Spiro-Ant2 und Spiro-TAD) wurden von Covion entwickelt und synthetisiert. Die EML bestand aus einer Mischung der beiden Substanzen (Spiro-Ant2 und Spiro-TAD), wobei Spiro-TAD einen Anteil von 10% hatte. Des weiteren wurden OLEDs als Referenz ohne die Substanz Spiro-TAD in der EML hergestellt. Im Falle der Mischung in der EML erhöhte sich die Lebensdauer der OLED um einen Faktor  $>3$  im Vergleich zur Referenz-OLED von ca. 300 h auf  $>900$  h. Des weiteren wurden steilere I-U-EL Kennlinien erhalten, d. h. um eine bestimmte Helligkeit zu erreichen, wurden niedrigere Spannungen benötigt, z. B. für eine Helligkeit von  $100 \text{ cd/m}^2$  statt 6.5 V nur noch 5.5 V.

Beispiel 5:

Der Schichtaufbau entsprach dem oben beschriebenen: Glas / ITO / PEDOT / NaphDATA / Spiro-TAD / EML = Spiro-Pyren (+ Spiro-TAD) /  $\text{AlQ}_3$  / Ba / Ag. Die beiden Materialien der EML (die Substanzen Spiro-Pyren und Spiro-TAD) wurden von Covion entwickelt und synthetisiert. Die EML bestand aus einer Mischung der beiden Substanzen (Spiro-Pyren und Spiro-TAD), wobei Spiro-TAD einen Anteil von 10% hatte. Des weiteren wurden OLEDs als Referenz ohne die Substanz Spiro-TAD in der EML hergestellt. Im Falle der Mischung in der EML erhöhte sich die Lebensdauer der OLED um einen Faktor 3 im Vergleich zur Referenz-OLED von ca. 1500 h auf 4500 h. Gleichzeitig wurde die photometrische Effizienz (Einheit  $\text{cd/A}$ ) um bis zu 20% verbessert, und die Leistungseffizienz wurde ebenfalls erhöht. Des weiteren wurden steilere I-U-EL Kennlinien erhalten, d. h. um eine bestimmte Helligkeit zu erreichen, wurden niedrigere Spannungen benötigt, z. B. für eine Helligkeit von  $100 \text{ cd/m}^2$  statt 5.5 V nur noch 4.5 V.

Beispiel 6:

Der Schichtaufbau entsprach dem oben beschriebenen: Glas / ITO / PEDOT / NaphDATA / Spiro-TAD / EML = TBPP (+ Spiro-TAD) /  $\text{AlQ}_3$  / Ba / Ag. Die beiden Materialien der EML (die Substanzen TBPP und Spiro-TAD) wurden von Covion entwickelt und synthetisiert. Die EML bestand aus einer Mischung der beiden Substanzen (TBPP und Spiro-TAD), wobei Spiro-TAD einen Anteil von 10% hatte. Des weiteren wurden OLEDs als Referenz ohne die Substanz Spiro-TAD in der EML hergestellt. Im Falle der Mischung in der EML erhöhte sich die Lebensdauer der OLED um einen Faktor 10 im Vergleich zur Referenz-OLED von ca. 500 h auf 5000 h. Gleichzeitig wurde die photometrische Effizienz (Einheit  $\text{cd/A}$ ) um bis zu 100% verbessert, und die Leistungseffizienz wurde ebenfalls erhöht. Des weiteren wurden steilere I-U-EL Kennlinien erhalten, d. h. um eine bestimmte Helligkeit zu erreichen, wurden

niedrigere Spannungen benötigt, z. B. für eine Helligkeit von 100 cd/m<sup>2</sup> statt 7 V nur noch 6 V.

Beispiel 7:

Der Schichtaufbau entsprach dem oben beschriebenen: Glas / ITO / PEDOT / NaphDATA / Spiro-TAD / EML = DTBTD (+ Spiro-TAD) / AlQ<sub>3</sub> / Ba / Ag. Die beiden Materialien der EML (die Substanzen DTBTD und Spiro-TAD) wurden von Covion entwickelt und synthetisiert. Die EML bestand aus einer Mischung der beiden Substanzen (DTBTD und Spiro-TAD), wobei Spiro-TAD einen Anteil von 10% hatte. Des weiteren wurden OLEDs als Referenz ohne die Substanz Spiro-TAD in der EML hergestellt. Im Falle der Mischung in der EML erhöhte sich die Lebensdauer der OLED um einen Faktor 8 im Vergleich zur Referenz-OLED von ca. 500 h auf 4000 h.

Beispiel 8:

Der Schichtaufbau entsprach dem oben beschriebenen: Glas / ITO / PEDOT / NaphDATA / Spiro-TAD / EML = BDPBTD (+ Spiro-TAD) / AlQ<sub>3</sub> / Ba / Ag. Die beiden Materialien der EML (die Substanzen BDPBTD und Spiro-TAD) wurden von Covion entwickelt und synthetisiert. Die EML bestand aus einer Mischung der beiden Substanzen (BDPBTD und Spiro-TAD), wobei Spiro-TAD einen Anteil von 90% hatte. Des weiteren wurden OLEDs als Referenz ohne die Substanz Spiro-TAD in der EML hergestellt. Im Falle der Mischung in der EML erhöhte sich die Lebensdauer der OLED um einen Faktor >10 im Vergleich zur Referenz-OLED von ca. 1000 h auf >10000 h. Gleichzeitig wurde die photometrische Effizienz (Einheit cd/A) um bis zu 100% verbessert, und die Leistungseffizienz wurde ebenfalls erhöht. Des weiteren wurden steilere I-U-EL Kennlinien erhalten, d. h. um eine bestimmte Helligkeit zu erreichen, wurden niedrigere Spannungen benötigt, z. B. für eine Helligkeit von 100 cd/m<sup>2</sup> statt 8 V nur noch 5 V.

Beispiel 9:

Der Schichtaufbau entsprach dem oben beschriebenen: Glas / ITO / PEDOT / NaphDATA / Spiro-TAD / EML = BDTBTD (+ Spiro-TAD) / AlQ<sub>3</sub> / Ba / Ag. Die beiden Materialien der EML (die Substanzen BDTBTD und Spiro-TAD) wurden von Covion entwickelt und synthetisiert. Die EML bestand aus einer Mischung der beiden Substanzen (BDTBTD und Spiro-TAD), wobei Spiro-TAD einen Anteil von 90% hatte. Des weiteren wurden OLEDs als Referenz ohne die Substanz Spiro-TAD in der EML hergestellt. Im Falle der Mischung in der EML erhöhte sich die Lebensdauer der OLED um einen Faktor 10 im Vergleich zur Referenz-OLED von ca. 1000 h auf >10000 h. Gleichzeitig wurde die photometrische Effizienz (Einheit cd/A) um bis zu 400% verbessert, und die Leistungseffizienz wurde ebenfalls erhöht. Des weiteren wurden steilere I-U-EL Kennlinien erhalten, d. h. um eine bestimmte Helligkeit zu erreichen, wurden niedrigere Spannungen benötigt, z. B. für eine Helligkeit von 100 cd/m<sup>2</sup> statt 9 V nur noch 6 V.

Beispiel 10:

Der Schichtaufbau entsprach dem oben beschriebenen unter Einbeziehung der HBL: Glas / ITO / PEDOT / NaphDATA / Spiro-TAD / EML = IrPPy (+Spiro-Carbazol) / BCP / AlQ<sub>3</sub> / Ba / Ag. IrPPy wurde von Covion synthetisiert, und Spiro-Carbazol wurde von Covion entwickelt und synthetisiert. Die EML bestand aus einer Mischung der beiden Substanzen (IrPPy und Spiro-Carbazol), wobei Spiro-Carbazol einen Anteil von 90% hatte. Des weiteren wurden OLEDs als Referenz ohne die Substanz Spiro-Carbazol in der EML hergestellt. Die photometrische Effizienz (Einheit cd/A) wurde um bis zu 500% verbessert, und die Leistungseffizienz wurde ebenfalls erhöht. Des weiteren wurden steilere I-U-EL Kennlinien erhalten, d. h. um eine bestimmte Helligkeit zu erreichen, wurden niedrigere Spannungen benötigt, z. B. für eine Helligkeit von 100 cd/m<sup>2</sup> statt 9 V nur noch 6 V.

#### Beispiel 11:

Der Schichtaufbau entsprach dem oben beschriebenen unter Einbeziehung der HBL: Glas / ITO / PEDOT / NaphDATA / Spiro-TAD / EML = IrPPy (+Spiro-4PP6) / BCP / AlQ<sub>3</sub> / Ba / Ag. IrPPy wurde von Covion synthetisiert, und Spiro-4PP6 wurde von Covion entwickelt und synthetisiert. Die EML bestand aus einer Mischung der beiden Substanzen (IrPPy und Spiro-4PP6), wobei Spiro-4PP6 einen Anteil von 90% hatte. Des weiteren wurden OLEDs als Referenz ohne die Substanz Spiro-4PP6 in der EML hergestellt. Die photometrische Effizienz (Einheit cd/A) wurde um bis zu 400% verbessert, und die Leistungseffizienz wurde ebenfalls erhöht. Des weiteren wurden steilere I-U-EL Kennlinien erhalten, d. h. um eine bestimmte Helligkeit zu erreichen, wurden niedrigere Spannungen benötigt, z. B. für eine Helligkeit von 100 cd/m<sup>2</sup> statt 9 V nur noch 5.5 V.

#### Beispiel 12:

Der Schichtaufbau entsprach dem oben beschriebenen: Glas / ITO / PEDOT / NaphDATA / Spiro-TAD / EML = Spiro-Ant2 (+CPB) / AlQ<sub>3</sub> / Ba / Ag. Die beiden Materialien der EML (die Substanzen Spiro-Ant2 und CPB) wurden von Covion entwickelt und synthetisiert. Die EML bestand aus einer Mischung der beiden Substanzen (Spiro-Ant2 und CPB), wobei CPB einen Anteil von 20% hatte. Des weiteren wurden OLEDs als Referenz ohne die Substanz CPB in der EML hergestellt. Im Falle der Mischung in der EML erhöhte sich die Lebensdauer der OLED um einen Faktor 6 im Vergleich zur Referenz-OLED von ca. 300 h auf >1800 h. Des weiteren wurden steilere I-U-EL Kennlinien erhalten, d. h. um eine bestimmte Helligkeit zu erreichen, wurden niedrigere Spannungen benötigt, z. B. für eine Helligkeit von 100 cd/m<sup>2</sup> statt 7 V nur noch 6 V. Zusätzlich verbesserten sich die Farbkoordinaten: Bei der Referenz-OLED wurden CIE-Werte von x = 0.15 und y = 0.15 erreicht, mit einem Anteil von 20 % CPB wurden x = 0.15 und y = 0.12 erreicht.

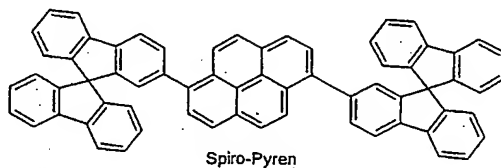
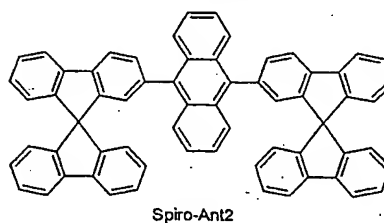
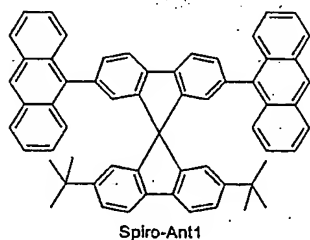
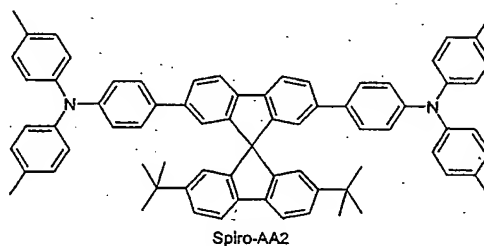
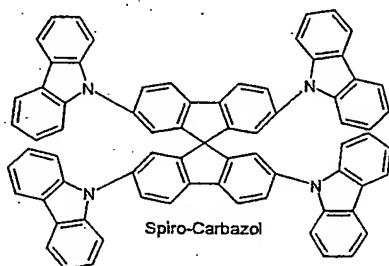
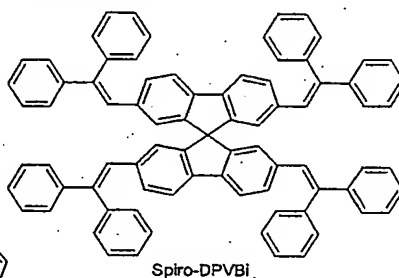
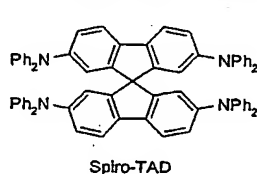
#### Beispiel 13:

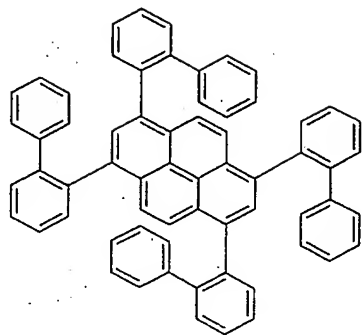
Der Schichtaufbau entsprach dem oben beschriebenen: Glas / ITO / PEDOT / NaphDATA / Spiro-TAD / EML = Spiro-Pyren (+CPB) / AlQ<sub>3</sub> / Ba / Ag. CPB wurde von Covion synthetisiert, und Spiro-Pyren wurde von Covion entwickelt und synthetisiert. Die EML bestand aus einer Mischung der beiden Substanzen (Spiro-Pyren und CPB), wobei CPB



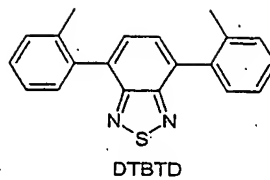
einen Anteil von 10% hatte. Des weiteren wurden OLEDs als Referenz ohne die Substanz CPB in der EML hergestellt. Im Falle der Mischung in der EML erhöhte sich die Lebensdauer der OLED um einen Faktor 6 im Vergleich zur Referenz-OLED von ca. 300 h auf >1800 h. Des weiteren wurden steilere I-U-EL Kennlinien erhalten, d. h. um eine bestimmte Helligkeit zu erreichen, wurden niedrigere Spannungen benötigt, z. B. für eine Helligkeit von 100 cd/m<sup>2</sup> statt 7 V nur noch 6 V. Zusätzlich verbesserten sich die Farbkoordinaten: Bei der Referenz-OLED wurden CIE-Werte von x = 0.15 und y = 0.20 erreicht, mit einem Anteil von 10 % CPB wurden x = 0.15 und y = 0.17 erreicht.

Zur besseren Übersichtlichkeit sind die in den oben aufgeführten Beispiele genannten Substanzen im folgenden nochmals aufgeführt:





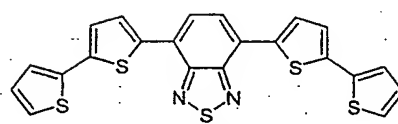
TBPP



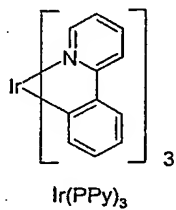
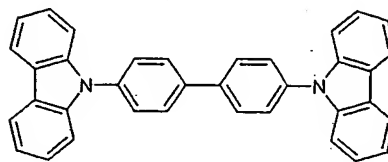
DTBTD



BDPBTD



BDTBTD

Ir(PPy)<sub>3</sub>

CPB

## Patentansprüche

1. Organische Elektrolumineszenz-Vorrichtung, die mindestens eine emittierende Schicht (EML) aufweist, wobei diese eine Mischung aus mindestens einem Lochleitermaterial und mindestens einem zur Emission befähigten Emissionsmaterial enthält, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eines der beiden Materialien ein oder mehrere Spiro-9,9'-bifluoreneinheiten enthält und das Gewichtsverhältnis von Lochleitermaterial zu Emissionsmaterial 1 : 99 bis 99 : 1 beträgt.
2. Organische Elektrolumineszenz-Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die emittierende Schicht (EML) eine Mischung aus mindestens einem Lochleitermaterial und mindestens einem zur Emission befähigten Emissionsmaterial enthält, wobei das HOMO des Lochleitermaterials im Bereich von 4.8 bis 5.8 eV (vs. Vakuum) liegt und die Verbindung mindestens eine substituierte oder unsubstituierte Diarylamino-gruppe, eine Triarylaminoeinheit oder eine Carbazolgruppierung aufweist und das zur Emission befähigte Emissionsmaterial ein oder mehrere Spiro-9,9'-bifluoreneinheiten enthält und das Gewichtsverhältnis von Lochleitermaterial zu Emissionsmaterial 1 : 99 bis 99 : 1 beträgt.
3. Organische Elektrolumineszenz-Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die emittierende Schicht (EML) eine Mischung aus mindestens einem Lochleitermaterial und mindestens einem zur Emission befähigten Emissionsmaterial enthält, wobei das HOMO des Lochleitermaterials im Bereich von 4.8 bis 5.8 eV (vs. Vakuum) liegt und die Verbindung ein oder mehrere Spiro-9,9'-bifluoreneinheiten und mindestens eine Gruppierung ausgewählt aus substituierten oder unsubstituierten Diarylamino-, Triarylmino-, Carbazol- oder Thiopheneinheiten enthält und das zur Emission befähigte Emissionsmaterial ausgewählt ist aus der Gruppe der Metallkomplexe, Stilbenamine, Stilbenarylene, kondensierten aromatischen oder heteroaromatischen Systeme, aber auch der phosphoreszierenden Schwermetallkomplexe, Rhodamine, Cumarine, substituierten oder unsubstituierten Aluminium-, Zink-, Gallium-hydroxy-chinolate, Bis(p-diarylaminostyryl)-arylene, DPVBi (4,4'-Bis(2,2-diphenylvinyl)biphenyl) und analoge Verbindungen, Anthracene, Naphthacene, Pentacene, Pyrene, Perylene, Rubren, Chinacridone, Benzothiadiazol-Verbindungen, DCM (4-(Dicyanomethylen)-2-methyl-6-(4-dimethylaminostyryl)-4H-pyran), DCJTB ([2-(1,1-Dimethylethyl)-6-[2-(2,3,6,7-tetrahydro-1,1,7,7-tetramethyl-1H,5H-benzo[ij]chinolizin-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-yliden]-propandinitril), Iridium-, Europium- oder Platinkomplexe, und das Gewichtsverhältnis von Lochleitermaterial zu Emissionsmaterial 1 : 99 bis 99 : 1 beträgt.
4. Organische Elektrolumineszenz-Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die emittierende Schicht (EML) eine Mischung aus mindestens einem Lochleitermaterial und mindestens einem zur Emission befähigten Emissionsmaterial enthält, wobei das HOMO des Lochleitermaterials im Bereich von 4.8

bis 5.8 eV (vs. Vakuum) liegt und die Verbindung ein oder mehrere Spiro-9,9'-bifluoreneinheiten und mindestens eine Gruppierung ausgewählt aus substituierten oder unsubstituierten Diarylamino-, Triarylamino-, Carbazol- oder Thiopheneinheiten enthält und das zur Emission befähigte Emissionsmaterial mindestens eine Spiro-9,9'-bifluoreneinheit enthält und das Gewichtsverhältnis von Lochleitermaterial zu Emissionsmaterial 1 : 99 bis 99 : 1 beträgt.

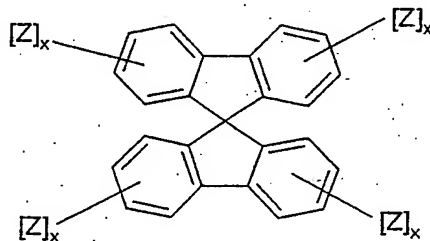
5. Organische Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Gewichtsverhältnis von Lochleitermaterial zu Emissionsmaterial 5 : 95 bis 80 : 20 beträgt.

6. Organische Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Gewichtsverhältnis von Lochleitermaterial zu Emissionsmaterial 5 : 95 bis 25 : 75 beträgt.

7. Organische Elektrolumineszenz-Vorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Glasstemperatur  $T_g$  der Lochleitermaterialien größer als 90 °C ist.

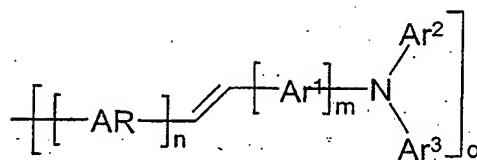
8. Organische Elektrolumineszenz-Vorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Glasstemperatur  $T_g$  der Emissionsmaterialien größer als 100 °C ist.

9. Verbindungen der Formel (I),



Formel (I)

bei denen Z für eine oder mehrere Gruppen der Formel



steht und worin für die Symbole und Indizes gilt:

AR, Ar<sup>1</sup>, Ar<sup>2</sup> und Ar<sup>3</sup>

sind bei jedem Auftreten gleich oder verschieden aromatischen oder heteroaromatischen Cyclen mit 4 bis 40 C-Atomen, welche an den freien Positionen mit Substituenten R<sup>1</sup> substituiert sein können;

n

ist bei jedem Auftreten gleich oder verschieden 0, 1 oder 2;

5

m

ist bei jedem Auftreten gleich oder verschieden 1 oder 2;

o

ist bei jedem Auftreten gleich oder verschieden 1, 2, 3, 4, 5 oder 6; wobei AR sowohl an Ar<sup>2</sup> als auch an Ar<sup>3</sup> als auch an beide in Form eines Dendrimers gebunden sein kann;

x

ist bei jedem Auftreten gleich oder verschieden 0, 1, 2, 3 oder 4, mit der Maßgabe, daß die Summe aller Indizes x ungleich null ist,

10

R<sup>1</sup>

ist bei jedem Auftreten gleich oder verschieden eine geradkettige, verzweigte oder cyclische Alkyl- oder Alkoxykette mit 1 bis 22 C-Atomen, in der auch ein oder mehrere nicht benachbarte C-Atome durch N-R<sup>2</sup>, O, S, -CO-O-, O-CO-O ersetzt sein können, wobei auch ein oder mehrere H-Atome durch Fluor ersetzt sein können, eine Aryl- oder Aryloxygruppe mit 5 bis 40 C-Atomen, bei der auch ein oder mehrere C-Atome durch O, S oder N ersetzt sein können, welche auch durch ein oder mehrere nicht-aromatische Reste R<sup>1</sup> substituiert sein können, oder Cl, F, CN, N(R<sup>2</sup>)<sub>2</sub>, B(R<sup>2</sup>)<sub>2</sub>, wobei auch zwei oder mehrere Reste R<sup>1</sup> miteinander ein aliphatisches oder aromatisches, mono- oder polycyclisches Ringsystem bilden können;

15

20

R<sup>2</sup>

ist bei jedem Auftreten gleich oder verschieden H, eine geradkettige, verzweigte oder cyclische Alkylkette mit 1 bis 22 C-Atomen, in der auch ein oder mehrere nicht benachbarte C-Atome durch O, S, -CO-O-, O-CO-O ersetzt sein können, wobei auch ein oder mehrere H-Atome durch Fluor ersetzt sein können, eine Arylgruppe mit 5 bis 40 C-Atomen, bei der auch ein oder mehrere C-Atome durch O, S oder N ersetzt sein können, welche auch durch ein oder mehrere nicht-aromatische Reste R<sup>1</sup> substituiert sein können, steht.

25

30

10. Verwendung der Verbindungen gemäß Anspruch 9 zur Herstellung von Organischen Elektrolumineszenz-Vorrichtungen.

35

11. Organische Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß eine oder mehrere Schichten mit einem Sublimationsverfahren hergestellt werden.

40

12. Organische Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß eine oder mehrere Schichten mit dem OPVD (Organic Physical Vapour Deposition) Verfahren aufgebracht werden.

13. Organische Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß eine oder mehrere Schichten durch Drucktechniken aufgebracht werden.

14. Organische Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei der Drucktechnik um das Ink-Jet Verfahren handelt.

15. Organische Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei der Drucktechnik um das LITI-Verfahren (Light Induced Thermal Imaging) handelt.

16. Organische Schichten zur Herstellung organischer Elektrolumineszenz-Vorrichtungen mit dem LITI Verfahren gemäß Anspruch 15, enthaltend mindestens ein Lochleitermaterial und mindestens ein zur Emission befähigtes Emissionsmaterial, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eines der beiden Materialien eine oder mehrere Spiro-9,9'-bifluoreneinheiten enthält und das Gewichtsverhältnis von Lochleitermaterial zu Emissionsmaterial 1 : 99 bis 99 : 1 beträgt.